



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 27 563 A 1

51 Int. Cl. 5:
G 05 D 3/12

F 15 B 11/04
F 15 B 20/00
F 15 B 11/12
B 23 Q 5/26
G 05 D 7/06
F 15 B 21/08

21 Aktenzeichen: P 42 27 563.6
22 Anmeldetag: 20. 8. 92
43 Offenlegungstag: 24. 2. 94

DE 42 27 563 A 1

71 Anmelder:
Mannesmann Rexroth GmbH, 97816 Lohr, DE

72 Erfinder:
Drechsler, Rainer, Dr., 8770 Lohr, DE; Heiby, Pierre,
8770 Lohr, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	37 42 338 C2
DE	25 11 986 C2
DE	38 21 891 A1
DE	38 13 020 A1
GB	14 14 541
GB	14 00 007
US	47 57 747

EDELMANN, H.: Schnelle Proportionalventile und
ihre Anwendung. In: o + p ölhdraulik und
pneumatik 30, 1986, Nr.1, S.35-40;
FEIGEL, H.-J.: Nichtlineare Effekte am

servoventil-gesteuerten Differentialzylinder. In: o + p
ölyhydraulik und pneumatik, 31, 1987, Nr.1, S.42-48;
BERND, Hubert;
MAURER, Gert: Die Hydraulik favori- siert. In: fluid,
August 1985, S.26 und 27;
STEIN, J.: Induktives Wegmeßsystem. In: o + p öl-
hydraulik und pneumatik, 32, 1988, Nr.10, S.702-704;
BERBUER, J.;
KERSTIENS, P.: Vorschubantriebe für
Werkzeugmaschinen. In: o + p ölyhydraulik und pneu-
matik, 32, 1988, Nr.5, S.325-327, 329, 330, 332-335;
KASPERBAUER, Kurt: Wirkungsweise und
konstruktive Besonderheiten von
Proportionalventilen. In: Maschinmarkt
Würzburg 88, 1982, S.1177-1180;
BERND, H.: Hydraulische Eilgang- und
Vorschubsteu-erungen in Blockverkettung. In:
Werkstatt und Be- trieb, 113, 1980, 5, S.323-325;

64 Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb

57 Die Erfindung betrifft einen geregelten hydraulischen
Vorschubantrieb, insbesondere für Werkzeugmaschinen. Ein
bekannter derartiger Vorschubantrieb besitzt einen Differ-
entialzylinder, dessen Position von einem Weggeber erfaßbar
ist, ein Regelventil, mit dem die Druckmittelwege zwischen
dem Differentialzylinder, einer Druckmittelquelle und einem
Tank steuerbar sind und das ein hydraulisch betätigbares
Proportionalventil mit einem ersten, federzentrierten Steuer-
kolben, dessen Position von einem zweiten Weggeber
erfaßbar ist, und ein Pilotventil mit einem zweiten Steuerkol-
ben umfaßt, der durch Steuerdruckrückführung mittelstel-
lungszentriert ist, eine Regelelektronik für das Regelventil
und eine Maschinensteuerung besitzt.
Unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Aspekte und
einer guten Regelbarkeit soll der Vorschub mit hoher
Geschwindigkeit gefahren werden können, bei einer Dosie-
rung von kleinen Ölströmen jedoch auch eine hohe Laststei-
fe aufweisen. Dies wird dadurch erreicht, daß das Flächen-
verhältnis des Differentialzylinders 2 zu 1 beträgt, daß der
Steuerkolben des Proportionalventils zur Bewegung des
Kolbens des Differentialzylinders in die eine Richtung einen
Arbeitsgangsteuerbereich, über den der kolbenstangenseitige
Druckraum des Differentialzylinders mit Tank verbindbar
ist, und einen Eilgangsteuerbereich mit Rückölverwertung
aufweist, daß der erste Steuerkolben in der Mittelstellung
eine positive Schaltüberdeckung hat und daß die Hub/Volu-
menstromkennlinie ...

DE 42 27 563 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung geht aus von einem geregelten hydraulischen Vorschubantrieb, der insbesondere für Werkzeugmaschinen eingesetzt werden soll und der die Merkmale aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufweist.

Ein solcher geregelter hydraulischer Vorschubantrieb ist aus der Zeitschrift "FLUID" vom Februar 1990, Seite 22 ff. bekannt. Dort ist die Position des Kolbens bzw. der Kolbenstange eines Differentialzylinders von einem Weggeber erfaßbar. Mit einem Regelventil sind die Druckmittelwege zwischen dem Differentialzylinder, einer Druckmittelquelle und einem Tank steuerbar, wobei das Regelventil ein hydraulisch betätigbares Proportionalventil mit einem ersten Steuerkolben umfaßt, dessen Position von einem zweiten Weggeber erfaßbar ist. Das Proportionalventil wird von einem Pilotventil vorgesteuert, das einen zweiten Steuerkolben besitzt, der in der Mittelstellung eine negative Schaltüberdeckung aufweist und durch Steuerdruckrückführung mittelstellungszentriert ist. Zu dem bekannten geregelten hydraulischen Vorschubantrieb gehört außerdem eine Regelelektronik für das Regelventil und eine CNC-Maschinensteuerung. Die angegebene Literaturstelle zeigt außerdem einen geregelten hydraulischen Vorschubantrieb, bei dem ein Regelventil mit einer Vorsteuerung direkt am Boden eines Hydraulikzylinders befestigt ist.

Aus o+p "Ölhydraulik + Pneumatik" 29 (1985) Nr. 4, Seite 318 ist ein geregelter hydraulischer Antrieb mit einem Differentialkolben zur Betätigung eines Kniehebels zum Öffnen und Schließen der Form einer Kunststoffspritzgieß- oder Druckgießmaschine bekannt. Auch hier wird als Regelventil ein vorgesteuertes Proportionalventil verwendet, bei dem die Position des ersten Steuerkolbens von einem Weggeber erfaßbar ist und das einen mit einer Druckmittelquelle und einen mit Tank verbundenen Eingang sowie zwei mit den beiden Druckkammern des Differentialzylinders verbundene Ausgänge besitzt. In der Mittelstellung des Steuerkolbens sind alle Eingänge und Ausgänge gesperrt. Bei dem Antrieb ist die kolbenstangenseitige Druckkammer über ein zu ihr hin sperrendes Rückschlagventil mit der Pumpenleitung verbunden. Bei einer Verschiebung des Steuerkolbens in die eine Richtung ist zunächst die kolbenstangenseitige Druckkammer zum Tank hin abgesperrt, so daß das Ausfahren der Kolbenstange in Differentialschaltung erfolgt. Nach dem Schließen der Form wird zum Druckaufbau der Steuerkolben weiter verschoben, wobei im Ventil eine Verbindung zwischen der kolbenstangenseitigen Druckkammer und dem Tank geschaffen wird, so daß diese Druckkammer zum Tank entlastet wird.

Auch die DE 23 43 662 C2 zeigt einen hydraulischen Vorschubantrieb, dessen vorgesteuertes Proportionalventil einen Steuerkolben mit einem Arbeitsgangsteuerbereich, über den der kolbenstangenseitige Druckraum des Differentialzylinders mit Tank verbindbar ist, und einen Eilgangsteuerbereich mit Rückölverwertung aufweist. Allerdings ist der kolbenstangenseitige Druckraum nicht über ein Rückschlagventil mit der Pumpenleitung verbunden. Vielmehr sind der Steuerkolben und die Kolbenbohrung des Proportionalventils so ausgebildet, daß in einer bestimmten Position des Steuerkolbens beide mit den Druckkammern des Differentialzylinders verbundene Verbraucherkammern des Ventils mit der mit der Pumpe verbundenen Pumpenkammer des Ventils verbunden sind.

Die DE 36 42 642 A1 zeigt einen geregelten hydraulischen Vorschubantrieb, bei der die Position des Kolbens des Differentialzylinders von einem Weggeber erfaßbar ist, dessen Ausgangssignal einer numerischen Maschinensteuerung zugeführt wird. Die Regelgröße wird mit der jeweils vom Programm abgerufenen Führungsgröße verglichen und eine Regelabweichung gebildet, die auf der Ausgangsleitung der NC ansteht. In einer üblichen NC-Steuerung wird die Regelabweichung aus einem Soll-Istwert-Vergleich ermittelt und mit einem Proportionalregler verstärkt. Diese mehr oder weniger verstärkte Regelabweichung wird als Spannungs-Ausgangssignal in den Grenzen von ± 10 Volt aus der CNC ausgegeben. Das Ausgangssignal wird einer Regelelektronik zugeführt, von der die Magneten eines direkt gesteuerten Proportionalventils ansteuerbar sind. In der Mittelstellung des Steuerkolbens des Proportionalventils sind dessen vier Eingänge und Ausgänge durch eine positive Überdeckung des Steuerkolbens gesperrt. Um einen Positionsfehler zu vermeiden, der sich daraus ergeben könnte, daß der Druckmittelweg von der Druckmittelquelle zum hydraulischen Antrieb von dem Proportionalventil geschlossen wird, bevor die Regelabweichung Null ist, wird von einer Regelelektronik im Bereich einer kleinen, im Überdeckungsbereich des Proportionalventils liegenden Regelabweichung ein Signal erzeugt, von dem ein bestimmter Querschnitt des Proportionalventils offengehalten wird.

Auch bei einem Ventil nach der EP 0 471 884 A1 wird die positive Überdeckung eines Proportionalventils durch eine elektrische Kompensationsschaltung ausgeglichen. Dort wird allerdings nicht dafür gesorgt, daß der Steuerkolben einen ganz bestimmten Querschnitt offenhält, solange die Regelabweichung innerhalb der positiven Überdeckung liegt, sondern es wird zum Stellsignal eine Konstante hinzuaddiert, so daß der Steuerkolben schon bei kleinsten Regelabweichungen den Totbandbereich überspringt und dann proportional weiter verstellbar ist. Dadurch wird die Hub/Durchflußkennlinie des Ventils so linearisiert, daß die Stellsignal/Durchflußkennlinie linear ist und praktisch durch den Nullpunkt geht, also nullpunktlinearisiert ist.

Ein Ventil mit einer positiven Überdeckung wählt man vor allem aus sicherheitstechnischen Aspekten. Bei einem Ausfall der Elektrik soll der Steuerkolben des Ventils seine Mittelstellung einnehmen und die Verbraucherleitungen zum Hydrozylinder absperren. Bei dem aus der EP 0 471 884 A1 bekannten Regelventil wird dies dadurch erreicht, daß die beiden Steuerkammern des Steuerkolbens über einen Bypasskanal verbindbar sind, der durch ein elektrisch betätigbares Ventil normalerweise gesperrt, im stromlosen Zustand des Ventils jedoch offen ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen geregelten hydraulischen Vorschubantrieb mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so auszubilden, daß unter Beachtung von sicherheitstechnischen Aspekten eine genaue Lageregelung möglich ist, daß in beide Richtungen bei kleiner Pumpenleistung eine hohe Geschwindigkeit gefahren werden kann und daß, wenn kleine Ölströme dosiert werden, eine hohe Antriebssteife und eine hohe Vorschubkraft realisierbar sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen geregelten hydraulischen Vorschubantrieb gelöst, der neben den Merkmalen aus dem Oberbegriff auch die Merkmale aus dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 aufweist. Durch die Rückölverwertung kann man auch mit einer relativ kleinen Pumpe die Kolbenstange

schnell ausfahren. An diesen sog. Eilgang schließt sich ein Arbeitsgang an, in dem der kolbenseitige Druckraum des Differentialzylinders mit Tank verbunden ist, so daß die ganze Fläche des Kolbens wirksam ist. Das bedeutet hohe Kräfte und eine hohe Laststeifigkeit. Eine hohe Geschwindigkeit des Kolbens des Differentialzylinders ist bei einer Fehlfunktion eines hydraulischen Antriebs besonders gefährlich, da aufgrund der kinetischen Energie größere Zerstörungen angerichtet und auch Menschen gefährdet werden könnten. Um einen besonders hohen Sicherheitsstandard zu erreichen, ist deshalb bei einem erfindungsgemäßen Vorschubantrieb vorgesehen, daß der Steuerkolben in der Mittelstellung eine positive Schaltüberdeckung hat. Im Zusammenhang damit, daß der Steuerdruck auf den Steuerkolben des Pilotventils rückgeführt ist, so daß das Pilotventil bei einem Ausfall der Elektrik schnell und sicher in die Mittelstellung zurückkehrt und in dieser Mittelstellung dann in beiden Stellerräumen des Proportionalventils gleicher Druck herrscht, so daß der Steuerkolben des Proportionalventils durch Federkraft zentriert werden kann, ist also eine hohe Sicherheit gegeben. Durch die Nullpunktlinearisierung der Hub/Volumenstromkennlinie des Proportionalventils wird diese positive Schaltüberdeckung wieder ausgeglichen, so daß die Ansprechempfindlichkeit des Regelventils auch um seine Nullage herum bzw. auch bei kleinen Regelabweichungen ausreicht, um eine genaue Lageregelung zu realisieren.

Vorteilhafte Ausgestaltungen eines erfindungsgemäßen geregelten hydraulischen Vorschubantriebs kann man den Unteransprüchen entnehmen.

Die Regelung wird besonders gut, wenn das Pilotventil gemäß Anspruch 2 nur im Bereich der negativen Schaltüberdeckung des zweiten Steuerkolbens betrieben wird. Für die maximale Steuerdruckdifferenz auf den beiden Seiten des ersten Steuerkolbens hat sich ein Wert von etwa 20 bar als zweckmäßig erwiesen. Auch ist es vorteilhaft, wenn die Position des zweiten Steuerkolbens von einem dritten Wegsensor erfassbar und durch die Regelelektronik regelbar ist. Eine Schaltysterese kann dadurch vermieden werden. Ein Regelventil mit Druckrückführung, bei dem sowohl die Position des Hauptsteuerkolbens als auch die Position des Vorsteuerkolbens von einem Weggeber erfassbar ist, ist auch bei anderen Anwendungen vorteilhaft.

Es ist besonders günstig, für den erfindungsgemäßen geregelten hydraulischen Vorschubantrieb eine heute schon gebräuchliche und vornehmlich zur Regelung von Elektromotoren eingesetzte Maschinensteuerung zu verwenden. Gemäß Anspruch 5 ist deshalb vorgesehen, daß das Ausgangssignal des ersten Weggebers als Istwert der Position des Kolbens des Differentialzylinders der Maschinensteuerung zuführbar und dort mit einem Sollwert vergleichbar ist und daß entsprechend der Regelabweichung von der Maschinensteuerung ein Stellsignal zur Regelelektronik übertragbar ist.

Um eine besonders kompakte Bauweise des hydraulischen Vorschubantriebs zu erhalten, sind gemäß Anspruch 6 das Regelventil und die Regelelektronik jeweils an einer seitlichen Fläche des Bodens des Hydraulikzylinders angeordnet und der erste Weggeber taucht von der dem Zylinderraum abgewandten Rückseite des Zylinderbodens in die hohlgebohrte Kolbenstange ein. Ein solcher erfindungsgemäßer Vorschubantrieb weist also nur noch zwei Baugruppen, nämlich die Maschinensteuerung einerseits und die Baueinheit aus Differentialzylinder, Regelventil und Regelelektronik auf.

Besonders günstig ist auch eine Ausbildung gemäß

Anspruch 7. Es kann vermieden werden, daß eine Rückkopplung mechanischer Längsschwingungen der an den Zylinder angekoppelten Masselast auf die Steuerkolben des Regelventils entsteht.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen geregelten hydraulischen Vorschubantriebs ist in den Zeichnungen dargestellt. Anhand der Figuren dieser Zeichnungen wird die Erfindung nun näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 einen Systemplan des Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 den Hydraulikkreis mit Überdeckungsbildern des Proportional- und Pilotventils,

Fig. 3 einen Graph, der die Abhängigkeit der Steuerdrücke von der Stellung des Steuerkolbens des Pilotventils zeigt,

Fig. 4 einen Längsschnitt durch den Differentialzylinder mit angebautem Regelventil und angebaute Regelelektronik und

Fig. 5 eine Ansicht des Differentialzylinders in Richtung des Pfeiles A aus Fig. 4.

Der Systemplan nach Fig. 1 zeigt, daß das Ausführungsbeispiel im wesentlichen nur aus zwei Baueinheiten besteht. Es ist zunächst eine Maschinensteuerung vorhanden, die im vorliegenden Fall eine handelsübliche und vornehmlich für die Regelung von Elektromotoren eingesetzte CNC-Steuerung 10 ist. Diese enthält eine Differenzbildner 11, der aus der Differenz zwischen einem Sollwert und einem Istwert eine Regelabweichung bildet, die einen P-Regler 12 durchläuft. Das Ausgangssignal des P-Reglers ist die Stellgröße, die am Ausgang 27 der CNC-Steuerung 10 ansteht.

Die andere Baueinheit 13, die in Fig. 1 durch eine strichpunktierte Linie gekennzeichnet ist, besteht aus einem Differentialzylinder 14 mit angebautem Wegsensor 24 und Sensorelektronik 16, einem Regelventil 17 und einer Regelelektronik 18. Der Zylinderraum des Differentialzylinders 14 wird durch einen Kolben 19, von dessen einer Seite eine Kolbenstange 20 absteht, in zwei Druckräume, nämlich einen kolbenstangenseitigen Druckraum 21 und einen kolbenseitigen Druckraum 22 unterteilt. Die vom Druck im Druckraum 22 beaufschlagbare Fläche am Kolben 19 ist doppelt so groß wie die entsprechende Fläche im Druckraum 21. Die Kolbenstange 20 ist hohlgebohrt und nimmt ein Meßrohr 23 des Weggebers 24 auf, von dem Position des Kolbens 19 erfassbar ist. Die Signale des Weggebers 24 werden in der Sensorelektronik 16 in bestimmter Weise, nämlich im SSI-Format codiert und über eine Leitung 26 als Istwerte der CNC-Steuerung 10 zugeführt. Das Meßprinzip des Weggebers 24 kann z. B. auf einer Ultraschall-Laufzeitmessung beruhen.

Das Regelventil 17 enthält eine Proportionalventil 35, das hydraulisch von einem elektromagnetisch betätigbaren Pilotventil 45 betätigbar ist. Es besitzt als Eingänge einen Druckanschluß P und einen Tankanschluß T sowie die zwei Ausgänge A und B, wobei der Ausgang A mit dem Druckraum 22 und der Ausgang B mit dem Druckraum 21 verbunden sind. Wie man dem Schaltbild aus Fig. 1 sowie dem Überdeckungsbild nach Fig. 2 entnehmen kann, sind in der Mittelstellung des Steuerkolbens 37 des Proportionalventils 35 die beiden Eingänge und die beiden Ausgänge gesperrt. Der Steuerkolben 37 hat also in der Mittelstellung eine positive Überdeckung. In dieser Mittelstellung wird der Steuerkolben 37 durch zwei Schraubendruckfedern 38 zentriert, die derart vorgespannt sind, daß erst ab einem gewissen Steuerdruck im Stellerraum 39 bzw. 40 des Proportionalventils 35 der Steuerkolben 37 bewegt werden kann.

Wird der Steuerkolben 37 aus der Mittelstellung bewegt, so sind die Steuerräume 21 und 22 zunächst gedrosselt mit dem Anschluß P oder dem Anschluß T verbunden. Insbesondere wird also dann, wenn der Druckraum 22 mit Druck beaufschlagt wird, das aus dem Druckraum 21 verdrängte Druckmittel zum Tank abgeführt. Wird der Steuerkolben noch weiter in der Ansicht nach den Fig. 1 und 2 nach links bewegt, so erhält man eine Schaltstellung, in der der Ausgang A mit dem Eingang P weiterhin verbunden bleibt und zusätzlich der Druckraum 21 mit dem Ausgang A verbunden ist. Das aus dem Druckraum 21 verdrängte Öl wird also in einer sog. Rückölverwertung in den Druckraum 22 gefördert. Die genannte Schaltstellung kann man also als Eilgangschaltstellung bezeichnen. Denn mit der gleichen Pumpenfördermenge läßt sich eine wesentlich höher Geschwindigkeit des Kolbens 19 erzielen als in dem Fall, in dem der Druckraum 21 mit dem Tank verbunden ist.

Die Totzone des Proportionalventils von bis zu $\pm 10\%$ der maximalen Auslenkung des Steuerkolbens 37, die Zone also, in der der Steuerkolben 37 die Ausgänge A und B positiv überdeckt, führt zu einer nichtlinearen Hub/Volumenstromkennlinie des Proportionalventils. In der Regelelektronik 18 wird die über die Leitung 41 von der CNC-Steuerung 10 der Regelelektronik 18 zugeführte Stellgröße verstärkt. Die Verstärkungs-kennlinie hat, wie in Fig. 1 angedeutet, im Nullpunkt zwei Knickpunkte und ist durch eine solchen Offset angehoben bzw. abgesenkt, daß schon bei einem ganz geringen Wert der Stellgröße der Steuerkolben bis an den Rand der Totzone, der eine positive Überdeckung hat, bewegt wird. Damit ergibt sich eine wenigstens annähernd durch den Nullpunkt gehende lineare Kennlinie zwischen dem von der CNC-Steuerung abgegebenen Stellsignal und dem Volumenstrom durch das Proportionalventil 35.

Zu dem Regelventil 17 gehört außer dem Proportionalventil 35 ein Pilotventil 45 mit einem Steuerkolben 46, der in einer Bohrung 47 verschiebbar ist und die Verbindungen zwischen einer Zulaufkammer 48, zwei Steuerkammern 49 und 50 und zwei Ablaufkammern 51 steuert. Die Zulaufkammer 48 ist mit einer Druckmittelquelle 52 verbunden, die dieselbe wie diejenige sein kann, von der der Differentialzylinder mit Druck beaufschlagbar ist. Die Steuerkammer 49 ist mit dem Steuerraum 39 des Proportionalventils und die Steuerkammer 50 mit dem Steuerraum 40 des Proportionalventils verbunden. Die Ablaufkammern 51 sind an den Tank angeschlossen. Der Druck in der von der Steuerkammer 49 zum Steuerraum 39 führenden Steuerleitung 53 ist auf die eine Stirnseite und der Druck in der Steuerleitung 54 zwischen der Steuerkammer 50 und dem Steuerraum 40 ist auf die andere Stirnseite des Steuerkolbens 46 zurückgeführt. Der Steuerkolben 46 ist von zwei Elektromagneten betätigbar, die maximal eine solche Kraft auf den Steuerkolben 46 ausüben können, daß die maximale Druckdifferenz in den beiden Steuerkammern ungefähr 20 bar entspricht. Diese Druckdifferenz ist in Fig. 3 durch die beiden waagrechten Linien angegeben.

Der Steuerkolben 46 hat zwei Ringbünde 55, deren Breite etwa so groß wie die breite der Steuerkammern 49 und 50 ist. Vorhandenes Spiel führt jedoch dazu, daß in der Mittelstellung des Steuerkolbens 46 Druckmedium von der Zulaufkammer 48 über die Steuerkammern 49 und 50 in die Ablaufkammern 51 strömen kann. Der Öffnungsquerschnitt zwischen der einen Steuerkante eines Ringbundes 55 und der entsprechenden Steuerkante einer Steuerkammer 49 bzw. 50 und der Öffnungsquer-

schnitt zwischen den beiden anderen Steuerkammern sind in der Mittelstellung des Steuerkolbens 46 gleich groß, so daß in den beiden Steuerleitungen 53 und 54 gleicher Steuerdruck herrscht. Wie man der Fig. 3 entnehmen kann, in der der maximale und der minimale Steuerdruck in jeder der beiden Steuerkammern 49 und 50 durch eine waagrechte Linie gekennzeichnet ist, wird in den Steuerleitungen 53 und 54 nicht der maximal von der Pumpe 52 erzeugbare Druck oder der Tankdruck erreicht. D.h., daß innerhalb des Bewegungsbereichs des Steuerkolbens 46 immer Druckmedium von der Zulaufkammer 48 über die Steuerkammern 49 und 50 zu den Ablaufkammern 51 strömt. Von der Wirkung her läßt sich also sagen, daß sich der Steuerkolben 46 immer im Bereich einer negativen Überdeckung der Steuerkammern 49 und 50 bewegt, auch wenn die Breite der Ringbünde 55 der Breite der Steuerkammern 49 und 50 entspricht, von daher also eine Null- bis leicht positive Überdeckung vorliegt. Durch die Rückführung des Druckes in den Steuerleitungen 53 und 54 auf die Stirnseiten des Steuerkolbens 46 wird erreicht, daß dieser bei Ausfall der Elektrik und damit der Magnete eine Position einnimmt, in der in den Steuerleitungen 53 und 54 der gleiche Druck herrscht. Die Schraubendruckfedern 38 können deshalb den Steuerkolben 37 des Proportionalventils 35 in seine in Fig. 2 gezeigte Mittelstellung bringen, in der die Ausgänge A und B positiv überdeckt sind. Die Überdeckung geschieht durch zwei voneinander beabstandete Ringbünde 56 und 57, wobei der Ringbund 57 durch eine Ringnut 58 in zwei Teilbünde 59 und 60 unterteilt ist. Der Teilbund 59 ist schmaler als der Eingang P und der Teilbund 60 schmaler als der Ausgang B des Proportionalventils 35. Wenn sich der Teilbund 59 im Bereich des Eingangs P und der Teilbund 60 im Bereich des Ausganges B befinden, sind die beiden Ausgänge A und B und der Eingang P miteinander verbunden. Dann wird das aus dem Druckraum 21 des Differentialzylinders 14 abströmende Öl direkt in den Druckraum 22 gefördert. Trotz einer geringen Fördermenge der Pumpe 61 wird dann die Kolbenstange 20 schnell ausgefahren.

Um eine genaue Regelung zu erhalten, besitzt das Regelventil 17 einen Weggeber 65, mit dem die Position des Steuerkolbens 37 erfaßbar ist und einen weiteren Weggeber 66, mit dem die Position des Steuerkolbens 46 des Pilotventils 45 erfaßbar ist. Die Signale der beiden Weggeber 65 und 66 werden der Regelelektronik 18 zugeführt.

In den Fig. 4 und 5 ist die Baueinheit 13 der Fig. 1 näher dargestellt. Man erkennt den Differentialzylinder 14 mit dem Kolben 19 und der Kolbenstange 20, die hohlgebohrt ist und das Meßrohr 23 des Weggebers 24 aufnimmt. Befestigt ist der Weggeber 24 am Zylinderboden 67, indem er von dessen Rückseite 68 in diesen eingeschraubt ist. Der Zylinderboden 67 hat einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt mit einer geschliffenen Oberseite 69, auf die das Regelventil 17 so aufgesetzt ist, daß die Achsen der Steuerkolben 37 und 46 senkrecht zur Achse des Zylinders 14 verlaufen. Wie man deutlich aus Fig. 5 sieht, ragt das Regelventil 17 mit einem Gehäuseteil 70, der den Weggeber 65 enthält, weit über eine Seitenfläche 71 des Zylinderbodens 67 hinaus. An dieser Seitenfläche ist ein Gehäuse 72 für die Sensorelektronik 16 und die Regelelektronik 18 befestigt. Insgesamt wird auf diese Weise eine sehr kompakte Einheit 13 geschaffen.

nur eine Seitenfläche (71) des Zylinderbodens (67) überragt, und daß die Regelelektronik (18) an dieser Seitenfläche (71) des Zylinderbodens (67) befestigt ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

1. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb, insbesondere für Werkzeugmaschinen, mit einem Differentialzylinder (14), dessen Position von einem Weggeber (24) erfaßbar ist, mit einem Regelventil (17), mit dem die Druckmittelwege zwischen dem Differentialzylinder (14), einer Druckmittelquelle (61) und einem Tank steuerbar sind und das ein hydraulisch betätigbares Proportionalventil (35) mit einem ersten, federzentrierten Steuerkolben (37), dessen Position von einem zweiten Weggeber (65) erfaßbar ist, und ein Pilotventil (45) mit einem zweiten Steuerkolben (46) besitzt, der durch Steuerdruckrückführung mittelstellungszentriert ist, mit einer Regelelektronik (18) für das Regelventil (17) und mit einer Maschinensteuerung, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Flächenverhältnis des Differentialzylinders (14) zwei zu eins beträgt, daß der erste Steuerkolben (37) zur Bewegung des Kolbens (19) des Differentialzylinders (14) in die eine Richtung einen Arbeitsgangsteuerbereich, über den der kolbenstangenseitige Druckraum (21) des Differentialzylinders (14) mit Tank verbindbar ist, und einen Eilgangsteuerbereich mit Rückölverwertung aufweist, daß der erste Steuerkolben (37) in der Mittelstellung eine positive Schaltüberdeckung hat und daß die Hub/Volumenstromkennlinie des Proportionalventils (35) durch die Regelelektronik (17) nullpunktlinearisiert ist.
2. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Pilotventil (45) nur im Bereich der negativen Schaltüberdeckung des zweiten Steuerkolbens (46) betrieben wird.
3. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die maximale Steuerdruckdifferenz auf den beiden Seiten des ersten Steuerkolbens (37) etwa 20 bar beträgt.
4. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Position des zweiten Steuerkolbens (46) von einem dritten Wegsensor (66) erfaßbar und durch die Regelelektronik (18) regelbar ist.
5. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ausgangssignal des ersten Weggebers (24) als Istwert der Position des Kolbens (19) des Differentialzylinders (14) der Maschinensteuerung (10) zuführbar und dort mit einem Sollwert vergleichbar ist und daß entsprechend der Regelabweichung von der Maschinensteuerung (10) ein Stellsignal zur Regelelektronik (18) übertragbar ist.
6. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb nach einem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Regelventil (17) und die Regelelektronik (18) jeweils an einer seitlichen Fläche (69, 71) des Bodens (67) des Differentialzylinders (14) angeordnet sind und daß der erste Weggeber (24) von der den Zylinderraum (21, 22) abgewandten Rückseite (68) des Zylinderbodens (67) in die hohlgebohrte Kolbenstange (20) eintaucht.
7. Geregelter hydraulischer Vorschubantrieb nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Regelventil (17) derart angeordnet ist, daß die Achsen der Steuerkolben (37, 46) senkrecht zum Differentialzylinder (14) verlaufen und daß es hauptsächlich

- Leerseite -

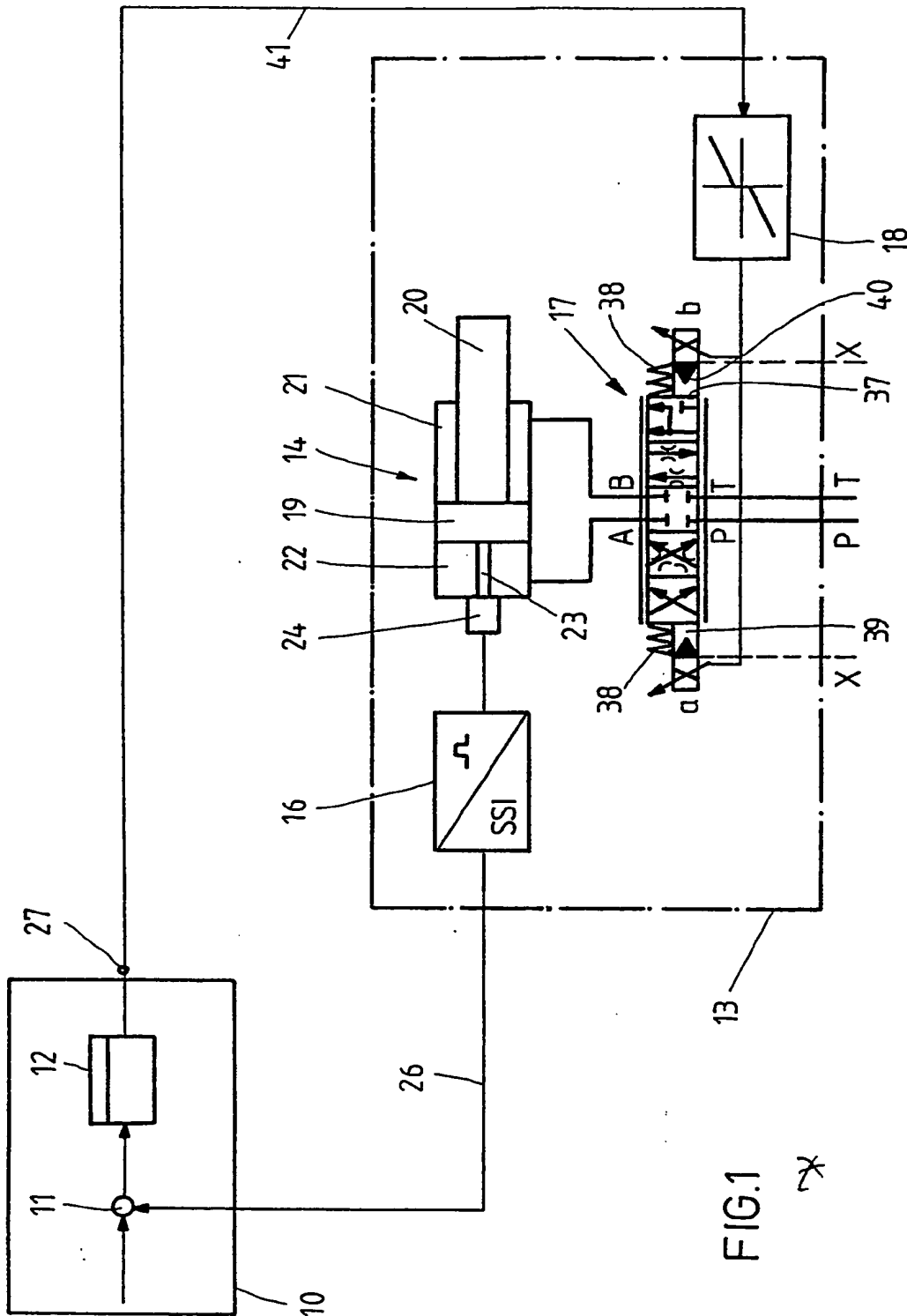
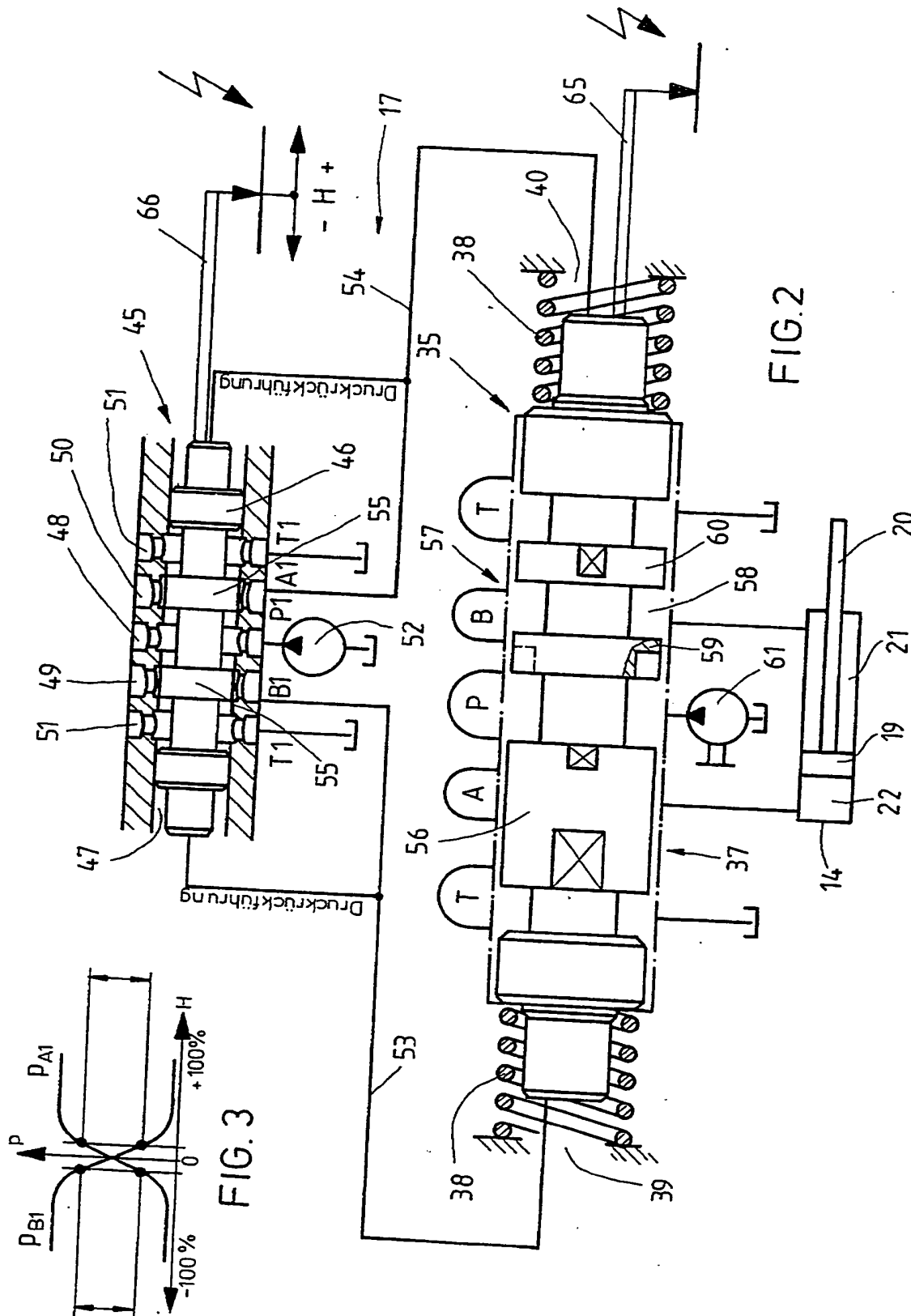


FIG.1



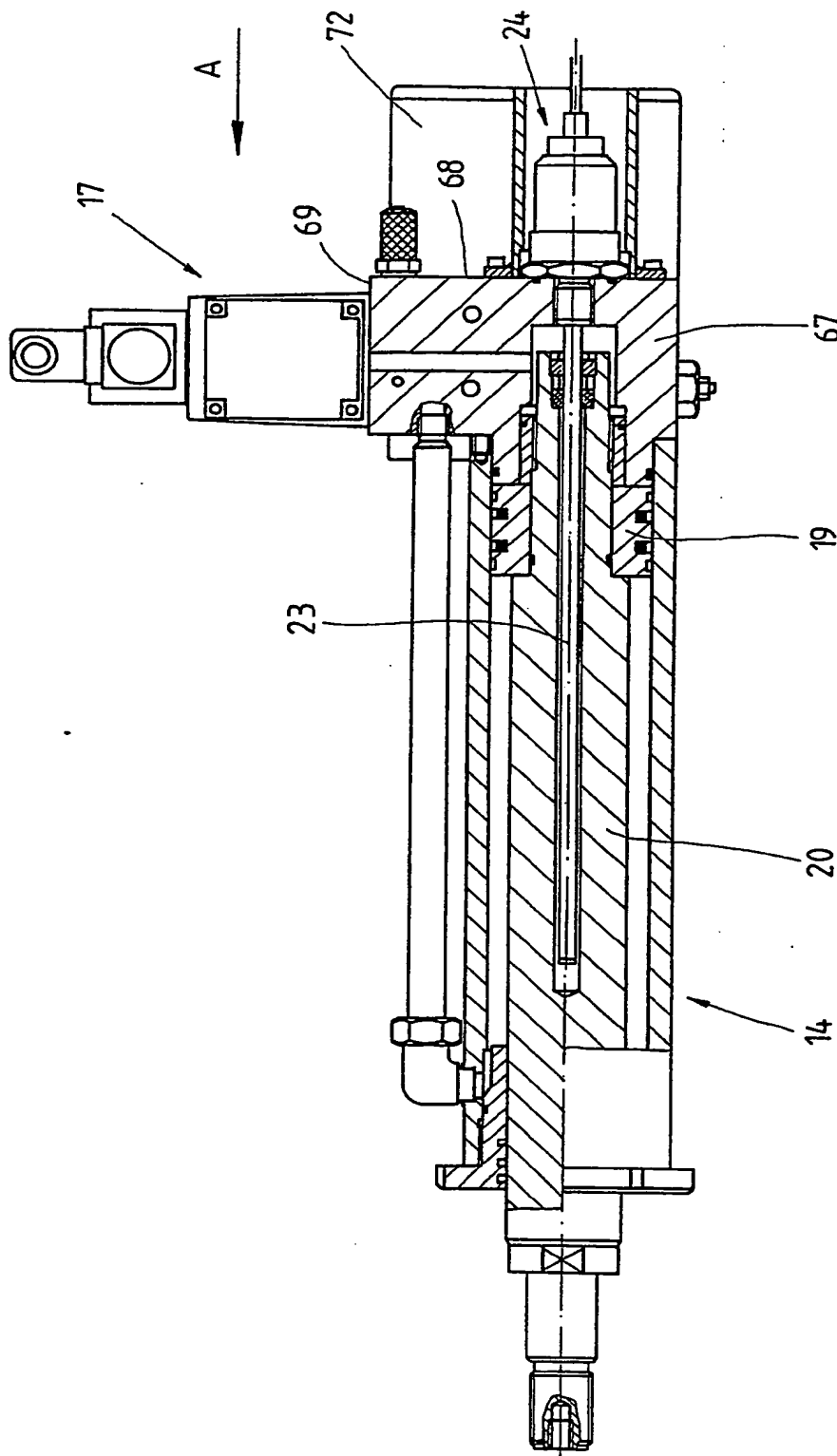


FIG. 4

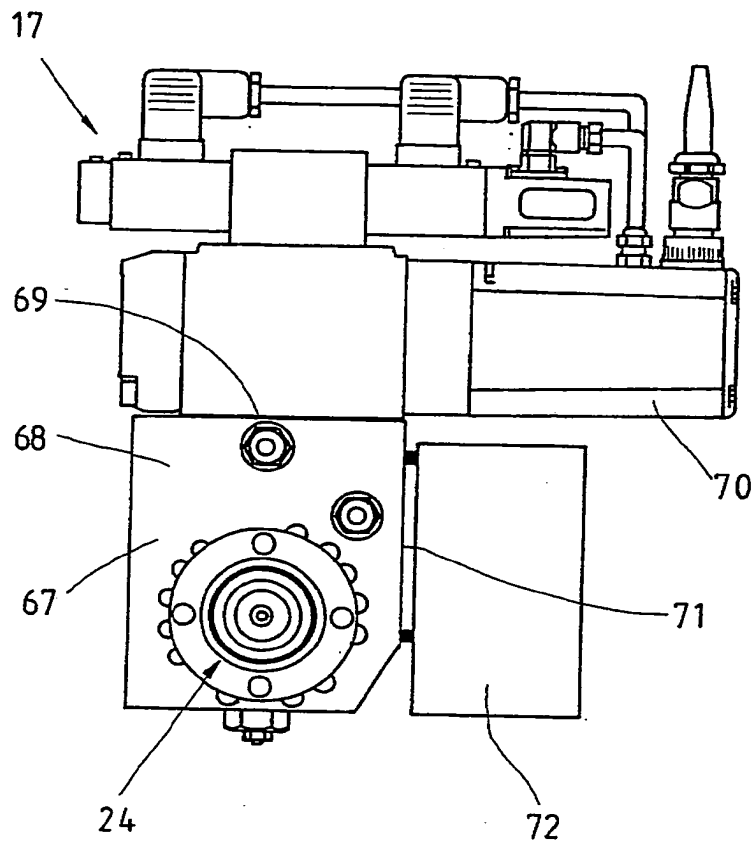


FIG. 5